



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**Aplicación de la teoría de colas, al problema de
atención al cliente para la optimización del número de
cajeros en ventanillas en la organización BCP**

TESINA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Jhoneel ARISTA ARÉVALO

ASESOR

Eduardo Eliseo RAFFO LECCA

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Arista, J. (2016). *Aplicación de la teoría de colas, al problema de atención al cliente para la optimización del número de cajeros en ventanillas en la organización BCP*. [Tesina de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



ACTA N°016-DAcad-FII-2016

SUSTENTACIÓN DE TESINA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **Miércoles 13 de Julio de 2016**, a las 15:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesina:

“APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS, AL PROBLEMA DE ATENCIÓN AL CLIENTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL NÚMERO CAJEROS EN VENTANILLAS EN LA ORGANIZACIÓN BCP”

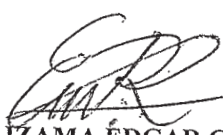
Que presenta el Bachiller:


ARISTA ARÉVALO JHONEEL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Perfeccionamiento Profesional**.

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 16:03 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido APROBADO por UNANIMIDAD con la calificación promedio 16, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 13 de julio de 2016


MG. RUIZ LIZAMA ÉDGAR CRUZ
Presidente


MG. EYZAGUIRRE TEJADA ROBERTO ERASMO
Miembro


ING. RAFFO LECCA EDUARDO ELISEO
Asesor

DEDICATORIA

A MIS PADRES, MI ESPOSA Y A MI HIJA

INTRODUCCIÓN

Cuando un cliente compra un producto o recibe un servicio y luego éste no llega a cumplir con sus expectativas, entonces quedará insatisfecho, difícilmente volverá a comprarnos o visitarnos, y muy probablemente hablará mal de nosotros en frente de otros consumidores.

En la actualidad, lograr la plena "satisfacción del cliente" es un requisito indispensable para ganarse un lugar en la "mente" de los clientes y por ende, en el mercado meta. Por ello, el objetivo de mantener «satisfecho a cada cliente» ha traspasado las fronteras del departamento de mercadotecnia para constituirse en uno de los principales objetivos de todas las áreas funcionales (producción, finanzas, recursos humanos, etc...) de las empresas exitosas.

El campo de la aplicación de la Investigación de Operaciones (IO), es muy amplio; y su importancia, se encuentra en la cada vez más exigente necesidad de aplicar sus técnicas y métodos, a la asignación óptima de los recursos.

La presente investigación, establece el requerimiento óptimo de personal en la atención de las ventanillas de cajeros asignados en las distintas agencias de la entidad bancaria BCP dentro del país, lo que se verá reflejado en la eficiencia del recurso humano y la eficacia para la organización.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
INTRODUCCION	iii
TABLA DE CONTENIDOS	iv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES Y FORMULACION DEL PROBLEMA	01
1.1.1 ANTECEDENTES	01
1.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	05
1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	05
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	06
1.2.2 OBJETIVO ESPECIFICO	06
1.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	06
1.4 HIPOTESIS Y VARIABLES	07
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	08

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

2.1 INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL ESTUDIO	10
2.2 BASES TEORICO-CIENTÍFICAS	11
2.2.1 TEORIA DE COLAS	11
2.2.2 MODELOS DE LINEA DE ESPERA	12
2.2.3 SIMULACION	17
2.2.4 EI SOFTWARE SIMIO	21
2.3 MARCO CONCEPTUAL	27
2.4 PRESENTACION Y DESARROLLO DE LOS MODELOS	30

CAPÍTULO III

ANALISIS SITUACIONAL Y RESULTADOS RELEVANTES

3.1 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL	32
3.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	33
3.3 FORMULACIÓN DEL MODELO	34
3.4 ANALISIS DE LOS COSTOS	37
3.5 CARACTERIZACION DEL SISTEMA DE ESPERA	39
3.6 SOLUCIÓN DEL MODELO	42
3.5 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	44

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES	45
4.2 RECOMENDACIONES	45

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	47
----------------------------------	----

ANEXOS	48
---------------	----

Anexo I : Personal ocupado	48
Anexo II: Total remuneraciones	49
Anexo III: Empleo según rama de actividad	50

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES Y FORMULACION DEL PROBLEMA

1.1.1 Antecedentes

Resulta de vital importancia que tanto los que estudian el mercado, como todas las personas que trabajan en una empresa u organización, conozcan cuáles son los beneficios de lograr la satisfacción del cliente, cómo definirla, cuáles son los niveles de satisfacción, cómo se forman las expectativas en los clientes y en qué consiste el rendimiento percibido, para que de esa manera, estén mejor capacitadas para coadyuvar activamente con todas las tareas que apuntan a lograr la tan anhelada satisfacción del cliente.

A continuación algunas formas de lograr la satisfacción del cliente:

- Ofrecer un producto de calidad: ofrecer un producto que cuente con insumos de primera, que cuente con un diseño atractivo, que sea durable en el tiempo, que satisfaga necesidades, gustos y preferencias.
- Cumplir con lo ofrecido: procurar que el producto cuente con las características mencionadas en la publicidad, hacer efectivas las promociones de ventas, respetar las condiciones pactadas, cumplir con los plazos de entrega.

- Brindar un buen servicio al cliente: ofrecer una buena atención, un trato amable, un ambiente agradable, comodidad, un trato personalizado, una rápida atención.
- Ofrecer una atención personalizada: ofrecer promociones exclusivas, brindar un producto que satisfaga necesidades particulares, procurar que un mismo trabajador atienda todas las consultas del un mismo cliente.
- Brindar una rápida atención: brindar una rápida atención al atender un pedido, al entregar un producto, al brindar un servicio, al atender y resolver los problemas, quejas y reclamos del cliente.
- Resolver problemas, quejas y reclamos: atender y resolver problemas, quejas y reclamos de manera rápida y efectiva.
- Brindar servicios extras: brindar servicios adicionales tales como la entrega del producto a domicilio, la instalación gratuita del producto, servicio técnico gratuito, garantías, etc.

En el caso de las entidades bancarias que realizan sus operaciones en sus agencias, es vital la búsqueda de un servicio eficiente y eficaz, donde el cliente pueda ser atendido en un tiempo de espera adecuado.

Las dimensiones de calidad en una institución bancaria, está compuesta de seis integrantes. Ver la figura 1.1.

Oportunidad/Tiempo de respuesta: grado en que las distintas áreas del BCP, reaccionan con prontitud a los requerimientos del cliente y brindan el servicio en un tiempo razonable.

Servicio: se refiere al nivel de servicio recibido en temas distintos al uso de la herramienta tecnológica, tales como: atención de consultas, solicitudes de pruebas, capacitación brindada, tarifas aplicadas y otros.

Funcionalidad del sistema: grado en que las facilidades brindadas por la plataforma tecnológica satisfacen las necesidades de los clientes.

Seguridad: se refiere a todos los esfuerzos dirigidos a garantizar la legitimidad de las transacciones y resguardar la información.

Eficiencia: grado en que el sistema satisface las necesidades de procesamiento y liquidación de transacciones, así como de acceso a información de los clientes.

Comunicación: grado en que las necesidades de información relacionadas con el sistema son cubiertas por el BCP.

Satisfacción general: grado en que los clientes están satisfechos en general con el servicio que reciben.

Figura 1.1: Dimensiones de calidad



Fuente: Elaboración propia

Estas dimensiones no sólo redundan en mejoras de la competitividad de la organización bancaria, sino además en la satisfacción de sus clientes.

Los fenómenos de espera, aparecen en la mayoría de los procesos que se presentan en las organizaciones de manufactura y de servicio. Esto es debido a la variabilidad en los tiempos de arribo de los clientes demandando el servicio, y del tiempo en la atención de servicio por parte del que ofrece el servicio.

El estudio de los procesos estocásticos se realiza a partir de modelos matemáticos que están basados en leyes probabilísticas, tanto en el arribo como el servicio. Las líneas de espera, los modelos buscan encontrar

respuestas a preguntas como: El número esperado de clientes en la cola y el sistema; o el tiempo promedio en la cola y el sistema de espera.

Los fenómenos de Líneas de espera o también denominada teoría de colas, es un conjunto de modelos matemáticos probabilísticos, que describen los sistemas de líneas de espera, bajo el supuesto del estado estable del sistema.

La Simulación es el camino para estudiar un sistema basado en un modelo, es una manera más flexible e integral de estudiar el fenómeno de la línea de espera; a diferencia del estudio de los sistemas en forma analítica como lo desarrollan los fenómenos de espera.

El apoyo de los modelos analíticos de los fenómenos de espera con la herramienta de la Simulación, logra una excelente forma de validar la representación del modelo con respecto al modelo real; proponiendo alternativas para el mejor uso de los recursos, como también la colección de estadísticas que un modelo de colas teórico no provee.

1.1.2 Formulación del problema

¿Es posible la optimización del número cajeros en ventanillas en la organización BCP, aplicando la Teoría de Colas?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Dar solución al problema de la optimización del número de cajeros en ventanilla que minimice los costos de espera y los de servicios en la organización BCP.

1.2.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos que se plantean son:

1. Investigar desde los fenómenos de espera, las propuestas de modelos.
2. Establecer los requerimientos óptimos en el personal de atención a los clientes en la organización BCP.
3. Desarrollar un modelo de simulación, que permita dar respuesta al requerimiento de personal en las ventanillas de atención en la organización BCP.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

En Hernández Sampieri (2010), se establecen una serie de criterios para evaluar la utilidad de un estudio propuesto, criterios que evidentemente son flexibles y de ninguna manera son exhaustivos.

Conveniencia: Generar una solución confiable, para una planificación óptimo del personal en ventanillas.

Relevancia social: Controlar al máximo las eventualidades, para una operación eficiente y económica en la gestión del personal de atención en las agencias de BCP.

Implicaciones prácticas: Investigar el Problema de asignación del personal en la atención a los clientes.

Valor teórico: Sugerir recomendaciones o hipótesis para futuros estudios.

Utilidad metodológica: Considerar la orientación de las nuevas herramientas de optimización a los negocios, donde se enfatiza la simulación.

1.4 HIPÓTESIS Y VARIABLES

Hipótesis general

Es posible la optimización del número cajeros en ventanillas en el BCP, aplicando la Teoría de Colas

La variable motivo de la investigación, representa el número de personal de cajeros en ventanillas para la atención a los clientes. Esta variable está asociada a las variables exógenas tiempo entre arribos y tiempo del servicio.

Haciendo uso del software de simulación SIMIO, se exploran los datos, se utiliza la estadística descriptiva y se evalúa la fiabilidad y validez lograda por el instrumento de medición.

También se realizan pruebas estadísticas a la hipótesis planteada, se hacen análisis adicionales y se preparan los resultados para su presentación.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance para la presente investigación, se presentan a continuación:

Ser utilizado para la determinación del personal de cajeros en ventanillas en la atención a los clientes, en las distintas agencias que conforman la organización BCP.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La teoría de colas o el estudio de los fenómenos de espera, está conformada por una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares o de sistemas de colas. Los modelos sirven para encontrar el comportamiento en el estado estable, como la longitud promedio de la línea de espera (también conocida como cola) y el tiempo de espera promedio para un sistema determinado.

La teoría de colas describe sistemas de procesamiento, donde se estudian sistemas no sólo de servicios, sino también de producción, donde se elaboran productos, y los trabajos siguen una serie de etapas en el proceso de fabricación. También las actividades en las oficinas para la gestión de los documentos; en tal caso se refiere a sistemas de colas en serie o tándem y las colas reticulares.

El problema es determinar qué capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es simple, puesto que el cliente tiene una variabilidad en el tiempo entre llegadas. También el tiempo de servicio posee esta conducta, conocida como aleatoria. Estas variables exógenas conforman la información, y junto con los costos de atención y servicio, son los insumos, para determinar la capacidad de servicio en estudio.

2.1 INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL ESTUDIO

La Investigación de Operaciones es la aplicación del método científico para asignar los recursos o actividades de forma eficaz, en la gestión y organización de sistemas complejos.

Los modelos matemáticos se clasifican en determinísticos y probabilísticos.

Los modelos determinísticos son entre otros:

- Programación matemática, incluyendo a la programación lineal.
- Modelos de transporte y asignación.
- Modelos de flujo de redes.
- Modelos de proyectos.

Los modelos probabilísticos, son entre otros:

- Sistemas de inventarios.
- Teoría de Colas o fenómenos de espera.
- Teoría de Juegos.
- Simulación.

La teoría de colas o fenómenos de espera, fue desarrollado para

proveer modelos que pronostiquen la conducta de los sistemas que proveen servicios producto de demandas aleatorias.

2.2 BASES TEORICAS ESPECIALIZADAS SOBRE EL TEMA

En teoría de probabilidad, un proceso estocástico es un concepto matemático que sirve para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo. Cada una de las variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad y, entre ellas, pueden estar correlacionadas o no.

Cada variable o conjunto de variables sometidas a influencias o efectos aleatorios constituye un proceso estocástico.

2.2.1 Fenómenos de espera

Existen situaciones donde personas, clientes, partes de manufactura, máquinas, barcos demandan un servicio, existiendo instalaciones que proveen esta demanda. En tales situaciones se forman colas para esperar la realización del servicio. Ver la tabla 2.1.

La Teoría de Colas o fenómenos de espera es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Esta se presenta, cuando los "clientes" llegan a un "lugar" demandando un servicio a un "servidor", el cual tiene una cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible y el cliente decide esperar, entonces se forma la línea de espera.

Una cola es una línea de espera y la teoría de colas o fenómenos de línea de espera, es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de línea de espera particulares o sistemas de colas.

Los sistemas de espera son modelos de sistemas que proporcionan servicio. Como modelo, pueden representar cualquier sistema en donde los trabajos o clientes llegan buscando un servicio de algún tipo y salen después de que dicho servicio haya sido atendido (Taha, 2012).

Tabla 2.1: Sistema de espera

SITIO	ARRIBOS EN COLA	SERVICIO
Supermercado	Compradores	Pago en cajas
Peaje	Vehículos	Pago de peaje
Consultorio	Pacientes	Consulta
Sistema de Cómputo	Programas a ser corridos	Proceso de datos
Compañía de teléfonos	Llamadas	Efectuar comunicación
Banco	Clientes	Depósitos y Cobros
Mantenimiento	Máquinas dañadas	Reparación
Muelle	Barcos	Carga y descarga

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Modelos en fenómenos de espera

La clasificación de los modelos en Teoría de Colas, se basa en los elementos básicos (componentes) de un sistema de espera que dependen de los siguientes factores:

- Distribución de llegadas.
- Distribución del tiempo de servicio.
- Diseño de la instalación de servicio.
- Disciplina de servicio.
- Tamaño de la línea de espera.
- Fuente de llamadas.

Existiendo tantos modelos de espera de colas, como variaciones de los factores citados.

Para aplicar las técnicas apropiadas, se debe identificar las características del sistema de colas. La clasificación se realiza empleando letras y/o símbolos.

La notación basada en Kendall-Lee (Taha, 2012), parte que en particular adecuada para resumir las características principales de las líneas de espera en paralelo se ha estandarizado como sigue:

a / b / c : d / e / f

Dónde:

a = Distribución de llegadas: Proceso de llegadas

b = Distribución del tiempo de servicio (o de salidas): Proceso de servicio

c = Número de servidores en paralelo ($c = 1, 2, 3, \dots$)

d = Disciplina de servicio (**FCFS**, **LCFS**, **SIRO** o prioridad = Disciplina General, DG)

e = Número máximo admitido en todo el sistema (en la línea de espera y en el servicio)

f = Tamaño de la población de clientes (fuente de llamadas finita o infinita)

La distribución de llegadas (el parámetro a) y del tiempo de servicio (el parámetro b) se reemplazan por los códigos siguientes: **M**, **D**, **E_k**, **GI**, o **G** (cualquiera de los 5 códigos), y significan lo siguiente:

M = Distribución de llegadas o salidas de Poisson (proceso de Markov), o lo que es lo mismo, distribución exponencial entre llegadas o tiempos de servicio.

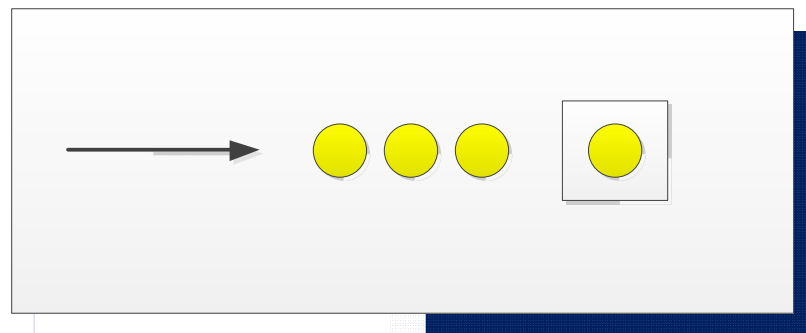
D = Tiempo entre llegadas o de servicio son constantes o deterministas.

E_k = Distribución Erlang o Gamma para la distribución del tiempo entre llegadas o tiempo de servicio, con el parámetro K .

GI = Distribución general de llegadas o del tiempo inter arribos.

G = Distribución general del tiempo de servicio o salidas.

Figura 2.2: Modelo de cola simple



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la disciplina de servicio se considera "DG" para indicar que es una disciplina general en notación kendall, y que pudiera ser FCFS, LCFS, SIRO o cualquier procedimiento que puedan utilizar los servidores para decidir el orden en que se escogerá a los clientes de la línea de espera para iniciar el servicio.

El modelo de colas denominado de cola simple que se representa en la figura 2.2, viene con la notación:

$$\mathbf{M/ M /1: GD / \infty / \infty}$$

La longitud esperada de clientes en el sistema viene como:

$$L = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{\mu}{\mu - \lambda}$$

La longitud esperada de clientes en la cola viene como:

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

De acuerdo a Little:

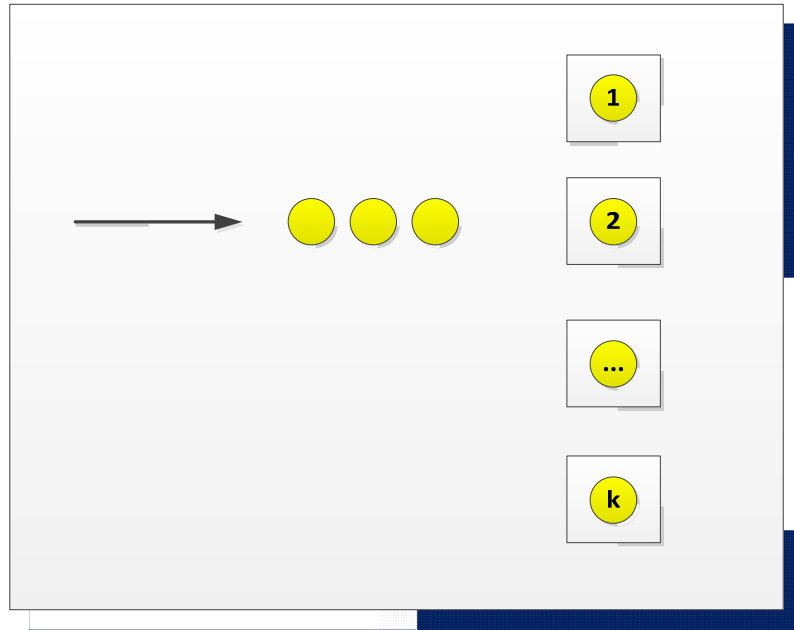
$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$W = \frac{L}{\lambda}$$

El modelo de colas denominado de cola en paralelo que se representa en la figura 2.3, viene con la notación:

$$\mathbf{M/ M /k: GD / \infty / \infty}$$

Figura 2.3: Modelo de cola en paralelo



Fuente: Elaboración propia

La probabilidad de esperar viene como:

$$\sum_{n=k}^{\infty} P_n = P_k \frac{1}{1 - \lambda/k\mu}, \quad \frac{\lambda}{k\mu} < 1$$

La probabilidad encontrar cero clientes en el sistema viene como:

$$P_0 = \left\{ \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{1}{1 - \lambda/k\mu} \right\}^{-1}$$

La longitud esperada de clientes en la cola viene como:

$$L_q = P_k \frac{\rho/k}{(1 - \rho/k)^2}$$

$$L = L_q + \rho$$

2.2.3 Simulación

Simulación es un término que ha sido utilizado, para describir diferentes clases de actividades. Por ejemplo los ejercicios militares y sus planes de batalla; o como en los programas de entrenamiento para los pilotos, que utilizan simuladores o laboratorios bajo “condiciones simuladas”.

Según *Schriber*, “Envuelve la modelación de procesos o sistemas, en el camino que el modelo imita la respuesta de un sistema actual, a los eventos que ocurren en el tiempo”. Ver figura 2.4.

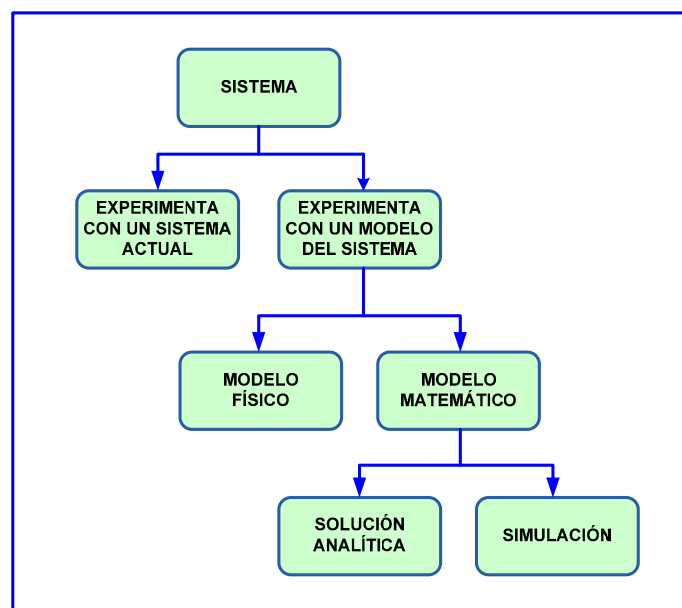
“Simulación, es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y conducir experimentos con este modelo, con el propósito de comprender la conducta del sistema y/o la evaluación de estrategias para la operación del sistema”, *Shannon* (1975).

Roger Schroeder planteaba: “La simulación es una técnica que puede utilizarse para resolver una amplia gama de modelos”. Su aplicación es tan amplia que se ha dicho: cuando todo falle, utilice simulación.

La simulación es, esencialmente, una técnica que enseña a construir el modelo de una situación real aunada a la realización de experimentos con

el modelo. Definición bastante amplia, que puede comprender situaciones aparentemente no relacionadas entre sí, como los simuladores de vuelo, juegos militares, juegos de gerencia, modelos físicos de ríos, modelos econométricos, etc., desde la perspectiva de la ingeniería, nos interesa una definición más restringida, solamente a experimentos con modelos lógicos o matemáticos, pero además no nos interesan aquellos experimentos con elementos de microeconomía, que ocurren bajo condiciones dadas de equilibrio estático y producen soluciones completamente determinísticas.

Figura 2.4: estudio de los sistemas



Fuente: Elaboración propia

La simulación, tiene su origen en la Física por su combinación de leyes, y la Investigación de Operaciones, por la concepción de eventos y actividades, como la técnica de Monte Carlo.

Los tipos de problemas, que mejor son resueltos por la simulación, son aquellos que envuelven sistemas. La simulación, es una técnica que hace posible la comprensión de los efectos de todas las interacciones, entre los elementos de un sistema.

La evolución de la simulación significa el tránsito de fases como: manual, programación en lenguajes con propósitos generales, lenguajes de simulación y simuladores de alto nivel.

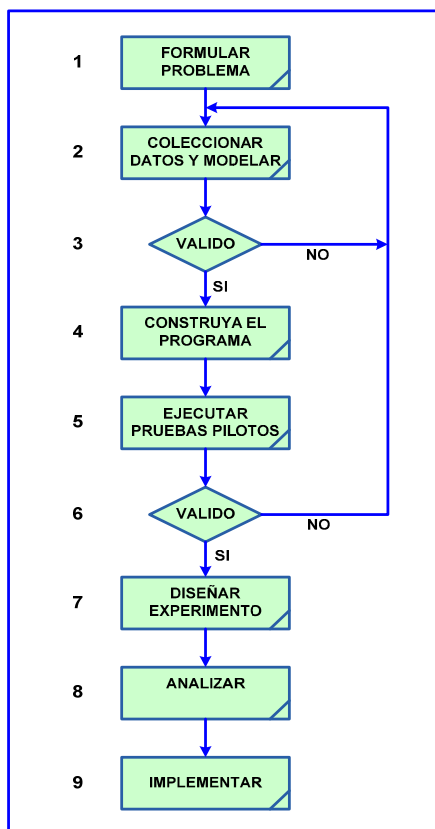
Muchas propiedades en programación de modelos de simulación discreta, tales como: Generadores de números aleatorios, Generadores de variables aleatorias, rutinas del siguiente evento, avances de tiempo, recopilación de estadísticas, reportes, etc., han sido desarrolladas en lenguajes especiales, orientados a simulación, dejando la ardua labor de programación en FORTRAN, C, o PASCAL a lenguajes de simulación, los que incluyen facilidades de animación. Actualmente, existen cerca de un centenar software de simulación, disponibles en una variedad de computadoras.

Por otra parte, los lenguajes de simulación ofrecen mayores ventajas: Automáticamente proveen muchas de las facilidades necesarias en la simulación del modelo, proveen un natural ambiente para modelación de la simulación, fáciles de usar, proveen una gran interacción entre edición, depuración y ejecución. Esto último, es el arte de la ingeniería de software.

Los procesos de modelar y simular involucran la formulación y solución de un problema. El proceso de modelación es iterativo, porque el acto de modelar revela la información importante fragmentaria.

Esta información apoya las acciones que hacen al modelo y sus medidas de salida más relevantes y exactas.

Figura 2.5: estudio de los sistemas



Fuente: Elaboración propia

El proceso de modelación continúa, hasta que el detalle o la información adicional ya no son necesarios para la resolución del problema.

Durante el proceso iterativo, las relaciones entre el sistema en estudio y el modelo son continuamente definidas y redefinidas.

En la figura 2.5, se presentan los pasos sugeridos en la ejecución los proyectos que utilizan la modelación y la simulación.

2.2.4 El software SIMIO

SIMIO es un software moderno de simulación discreta para el estudio de flujos logísticos, que permite abordar cualquier tipo de problemática en diferentes sectores tan diversos como manufactura, logística, transportes.

SIMIO, ha heredado sus características desde el lenguaje de simulación SIMAN y la herramienta ARENA. Se recuerda a SIMAN, el lenguaje de simulación por excelencia, creado en 1982 y diseñado para PCs. SIMIO permite desarrollar un proyecto de simulación en un tiempo muy inferior al estándar, que lo poseía ARENA.

En el año de 1985, SIMAN había creado Cinema, que fue la primera animación en simulación, también para PCs.

En el año de 1993, aparece la versión Arena 1.0, y en 1997 aparece Arena 3.0, bajo la empresa Systems Modeling Corporation. Desde 1997 con Arena 4.0, hasta nuestros días es producida por Rockwell Software, una compañía muy reconocida en el mundo de la automatización.

En el 2006 C. Dennis Pegden funda Simio LCC, que desarrolla SIMIO, un software de simulación orientado a objetos 3D, para el diseño, emulación y coordinación de sistemas dinámicos complejos.

El CEO Dennis Pegden es uno de los creadores de SLAM junto a Pritsker, también es autor de SIMAN-Cinema, ARENA y ahora SIMIO.

SIMIO es un lenguaje de simulación basada en agentes, que entrega un diseño orientado a objetos, con la finalidad que el desarrollo del modelo, sea completamente gráfico.

SIMIO permite construir modelos animados en 3D en un mínimo tiempo. El objetivo es dedicar el tiempo al análisis de alternativas y la adecuada toma de decisión: sólo basta con seleccionar sus objetos de las librerías y posicionarlos gráficamente en su modelo (como lo hacía su antecesor ARENA), usando la técnica del drag & drop.

SIMIO permite por primera vez una auténtica inmersión al mundo del 3D, de una manera natural: no necesita perder el tiempo en las pesadas tareas de dibujar.

Los objetos SIMIO, tienen como propósito la modelación. Un modelo en SIMIO es una combinación de objetos que corresponden a las

componentes físicas de un sistema. Los objetos son provistos por la librería estándar de objetos (Standard Library Object).

Un objeto SIMIO, está compuesto de propiedades, estados, eventos, vista externa y lógica.

Las propiedades son valores de entrada, que son especificadas por el usuario al objeto. Así para el objeto de creación de entidades o Source, se tiene que ingresar la propiedad del tiempo entre arribos.

Los estados son valores dinámicos que cambien con la ejecución del modelo. Una máquina o un servidor Server tienen el status de estar ocupada u ociosa.

Eventos, son cambios en el tiempo. Estos ocasionan el cambio de los estados. Cuando finaliza la operación de maquinado en Server, si no hay partes en espera, el status cambia a ociosa.

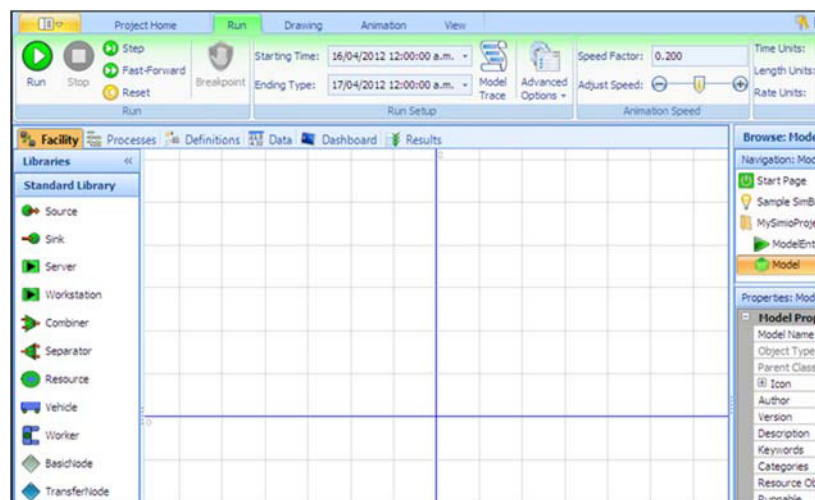
La vista externa de un objeto, es la representación gráfica 3D del objeto.

La lógica de objeto, es la respuesta del objeto ante el “disparo” de un determinado evento.

Los modelos son definidos dentro de un proyecto. Un proyecto puede contener varios modelos con sus respectivos experimentos.

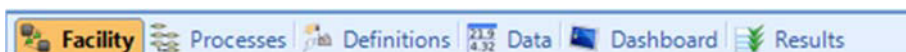
En la figura 2.6, se presenta la visión inicial de un proyecto SIMIO. Las áreas en esta pantalla son las cintas (donde Run y Drawing, son alguno de sus elementos), el Panel Tab o de pestañas donde se incluye a Facility, la Librería Estándar a la izquierda, el Panel Browse a la derecha y la ventana Facility al centro.

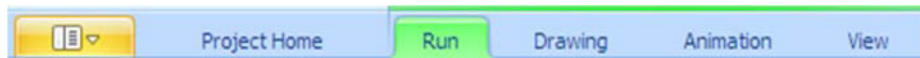
Figura 2.6: estudio de los sistemas



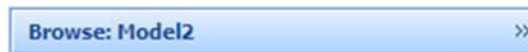
Fuente: Software SIMIO

Las cintas son pestañas, que permiten el acceso rápido a muchas funciones disponibles para animación, dibujo, ejecución, etc.





El Panel Browse permite la navegación en el proyecto y la edición de las propiedades. Para abrir y cerrar este panel, sólo basta con hacer clic en << y >> en la barra título del panel.



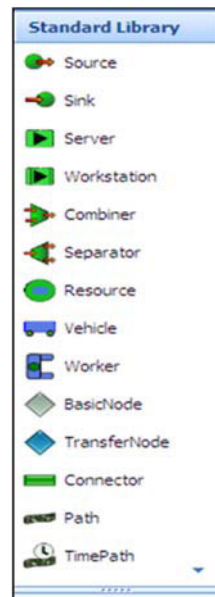
La ventana Facility es mostrada cuando se encuentra seleccionada la pestaña Facility. En esta área se crea la lógica basada en objetos y la animación para el modelo.

Los objetos dentro de una librería, son de uno de cinco tipos básicos:

- **Fijo:** Ubicación fija en el sistema, como ocurre con una máquina de fresado.
- **Enlace:** provee un camino, donde las entidades se desplazan.
- **Nodo:** Define una intersección ingresan o salen. En los objetos fijos, proveen los puntos de entrada o salida para el objeto.
- **Entidad:** Son los objetos dinámicos que pueden ser creados o eliminados; y se mueven sobre la red de intersecciones.
- **Transporte:** Es un tipo especial de entidad, que permiten recoger y llevar a otras entidades a los nodos.

Una librería puede incluir objetos de los cinco tipos. La Librería Estándar no incluye objetos del tipo entidad. En la figura 2.7 se presentan los objetos de la Librería Estándar. Una entidad es definida en la Librería Proyecto.

Figura 2.7: la Librería Estándar



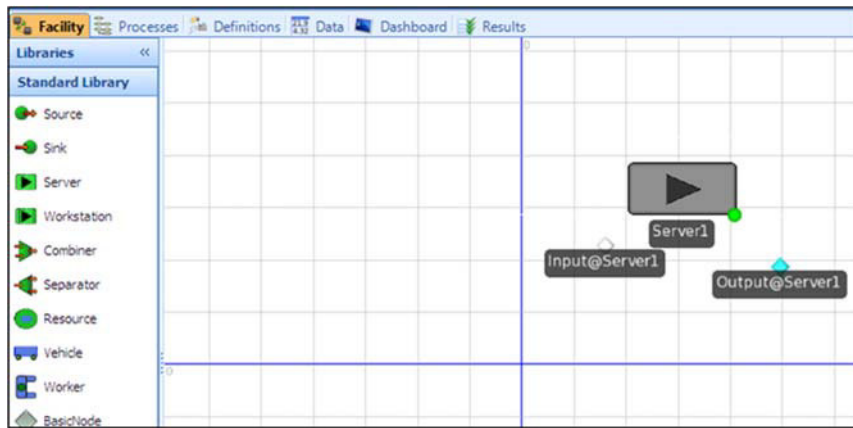
Fuente: Software SIMIO

Instanciar un objeto, significa crear un objeto y colocarlo en la ventana Facility. Existen varias formas de crear una instancia:

- Hacer clic en un objeto de la librería, y hacer clic en la ventana Facility.
- Efectuar drag & drop desde la librería a la ventana Facility.

En algunos casos, como el instanciar el objeto Server, se crean 3 objetos: el primero es el principal (el Server), un pequeño diamante, el nodo de entrada que aparece a su izquierda denominado Input@server1 (BasicNode); y a la derecha otro pequeño diamante, el nodo de salida Output@server1 (TransferNode). Ver figura 2.8.

Figura 2.8: Instanciando un objeto



Fuente: Software SIMIO

La simulación da el poder ilimitado para tratar distintos escenarios hipotéticos. SIMIO incluye la opción Optimización con OptQuest, que lleva un paso más allá. OptQuest puede sugerir escenarios óptimos, sugiriendo los escenarios hipotéticos que pueden producir los mejores resultados.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

CLIENTE: Es quien accede a un producto o servicio por medio de una transacción financiera (dinero) u otro medio de pago. Quien compra, es el comprador, y quien consume el consumidor.

CONTROLAR: Acto de medir y registrar los resultados alcanzados por un agente del sistema organizacional en un tiempo y espacio determinados.

EFFECTIVIDAD: Cumplimiento al ciento por ciento de los objetivos planteados.

EFICACIA: Capacidad de lograr los objetivos y metas programadas con los recursos disponibles en un tiempo predeterminado.

Capacidad para cumplir en el lugar, tiempo, calidad y cantidad las metas y objetivos establecidos.

EFICIENCIA: Uso racional de los medios con que se cuenta para alcanzar un objetivo predeterminado; es el requisito para evitar o cancelar dispendios y errores.

Capacidad de alcanzar los objetivos y metas programadas con el mínimo de recursos disponibles y tiempo, logrando su optimización.

ENFOQUE AL CLIENTE: Método de Gestión, basado en identificar y desplegar internamente los requisitos cuyo desarrollo satisface las necesidades y expectativas de los clientes, y en priorizar coherentemente los procesos de la organización que repercuten en su satisfacción.

EXPERIMENTACIÓN: Observación provocada.

FUNCION: Mandato formal permanente e impersonal de una organización o de un puesto de trabajo.

HIPÓTESIS: Antecedente de una proposición condicional o hipotética. Enunciado que sólo se puede probar por sus consecuencias.

MODELAMIENTO: Tipo de aprendizaje en el que una persona aprende observando el comportamiento deseado en otras personas.

MODELO: Es la representación formal de un sistema, un sistema puede ser representado por una gran cantidad de modelos, lo que diferencia unos modelos de otros es su utilidad. La clave para construir un modelo útil radica esencialmente, en identificar de manera adecuada los elementos relevantes, definirlos de manera precisa y operativa y establecer las principales relaciones entre ellos.

NÚMERO PROMEDIO DE CLIENTES EN COLA: número estimado de clientes que esperan en la cola.

NÚMERO PROMEDIO DE CLIENTES EN EL SISTEMA: número de clientes esperando en la cola más los que están siendo atendidos.

PROCESO: Un conjunto de acciones integradas y dirigidas hacia un fin. Una acción continua u operación o serie de cambios o tareas que ocurren de manera definida. La acción y el efecto de continuar de avanzar, en especial del tiempo.

PROCESO ESTOCÁSTICO: En teoría de probabilidad, un proceso estocástico es un concepto matemático que sirve para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo.

PROCESO DE MARKOV. En la teoría de la probabilidad y en estadística, un proceso de Markov, llamado así por el matemático ruso Andréi Markov, es un fenómeno aleatorio dependiente del tiempo para el cual se cumple una propiedad específica: la propiedad de Markov.

SATISFACCIÓN DEL CLIENTE: Percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos.

SISTEMA: Conjunto de procesos o elementos interconectados e interdependientes que forman un todo complejo.

SOLUCION: Configuración compatible con las restricciones del problema y que le da la solución.

TASA DE LLEGADA: tasa a la cual llegan los clientes para ser atendidos.

TASA DE SERVICIO: tasa a la cual un servidor puede suministrar el servicio requerido por el cliente.

TIEMPO PROMEDIO ESPERADO EN LA COLA: tiempo estimado que emplea un cliente esperando en la cola.

TIEMPO PROMEDIO ESPERADO EN EL SISTEMA: tiempo estimado que emplea un cliente en la cola más el que emplea en la atención.

VARIABLES EXÓGENAS: son variables externas al sistema que actúan sobre el comportamiento.

VARIABLE ALEATORIA: Una variable aleatoria es una función que asigna un número real a cada resultado del espacio muestral.

2.4 PRESENTACION Y DESARROLLO DE LOS MODELOS

El objetivo del presente trabajo, es conocer la número óptimo de servidores en ventanilla de una agencia en el BCP, mediante la propuesta para de los fenómenos de espera, de acuerdo con el marco teórico, además de presentar las metodologías explicadas en dicho capítulo; y por otro lado, presentar la propuesta de modelación por simulación haciendo uso del software SIMIO.

Se utiliza como datos de prueba, los tiempos entre arribos de los clientes para los días de la semana, y los tiempos de servicio por parte de los cajeros, en la agencia BCP ubicada en el Centro Comercial MINKA.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS SITUACIONAL Y RESULTADOS RELEVANTES

En este capítulo, se presentan los resultados de la aplicación de los fenómenos de línea de espera en la organización BCP para su agencia en el centro comercial MINKA; es decir, la identificación del número óptimo de empleados en la atención a ventanillas, mediante la propuesta de la Simulación usando el software SIMIO.

La teoría de los fenómenos de espera, es la fuente de provisión de solución al problema del estudio del Problema del número óptimo de empleados en la atención a ventanillas en la organización bancaria BCP.

La aplicación al número óptimo en la atención a los clientes, típico, en muchas organizaciones, recae en este caso, en la identificación del número óptimo en la atención a ventanillas en el BCP.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Las entidades bancarias, como empresas prestadoras de servicios, saben que además de ofrecer la diversidad de servicios (depósitos, retiro, entre otros), hoy en día, es de vital importancia la calidad del servicio en la atención a los clientes que arriban a la agencia bancaria en demanda de un servicio.

Es importante en el diseño de las instalaciones, la calidad del personal que emana de la atención y la conformidad del servicio.

Este último punto es muy importante, puesto que relaciona el tiempo que un cliente promedio pasa en el sistema de atención, desde el momento que ingresa a la entidad bancaria, hasta que se retira con un servicio satisfecho.

La presente investigación, hace uso de la simulación, buscando modelar la situación de espera de los clientes que llegan a la organización bancaria BCP, con la finalidad de conseguir el servicio óptimo, resulta del balance de los costos inherentes al servicio.

3.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En todo proceso de atención, los clientes arriban demandando un servicio, y es la organización, que a través de sus servidores, atender el requerimiento de demanda.

Los clientes que llegan a una agencia del banco se dividen en clientes preferenciales (también denominados VIP) y comunes, esto depende de la probabilidad de los clientes que arriban a ser parte de la fila correspondiente. Por otro lado, la interacción entre las llegadas y servicio, permiten determinar el número de clientes que llegan al banco en un tiempo determinado.

Para la presente investigación se analiza los clientes VIP por ser la razón de la empresa.

La agencia en estudio, está ubicada en el Centro Comercial MINKA; y en la actualidad sólo cuenta con 3 cajeros en ventanilla como personal asignado a sus clientes preferenciales.

Como el recurso de atención a los clientes es escaso, y el tiempo para realizar la labor es importante dentro de los indicadores de gestión de calidad en atención al cliente por parte de la entidad; en ese sentido es necesario el considerando del número de empleados en ventanilla, que optimice el número adecuado , como suma de los costos de atención y los costos de esperar. Este es el problema de la optimización de la capacidad en un sistema de espera.

3.3 FORMULACIÓN DEL MODELO

El diseño de un sistema de espera requiere que se tomen decisiones que incluye una combinación de una de las siguientes decisiones:

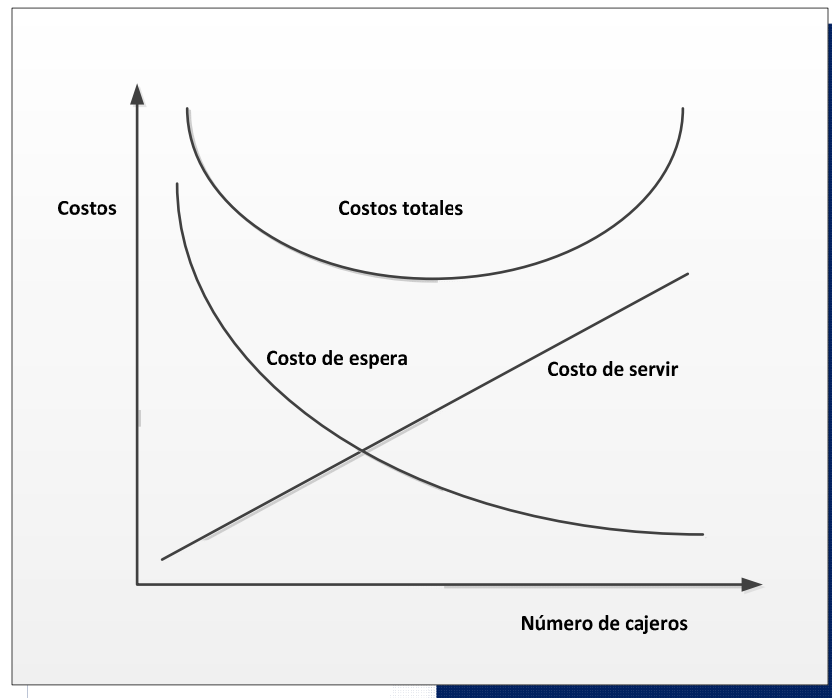
- Número de servidores en cada instalación.
- Eficiencia de los servidores.

Desde Taha (2012), el primer tipo de decisión es bastante común; y la otra decisión, surgen con frecuencia al interior de las organizaciones.

Todas las decisiones, están relacionadas con el nivel apropiado del servicio, con el que debe contar un sistema de espera.

Las decisiones con respecto al número de servidores en cada instalación, se basan en dos importantes factores: el costo que se incurre al dar el servicio, y la espera por ese servicio. Ver la figura 3.1

Figura 3.1: Costos en el sistema de espera



Fuente: Elaboración propia

En realidad, son dos factores muy opuestos para realizar la toma de decisiones; y se recomienda un nivel adecuado del servicio, a un costo menor. En la figura 3.1, se observa que por un lado a un mejor nivel del servicio los costos en el servicio aumentan; y por otro lado a un mejor nivel del servicio, los tiempos y sus asociados costos disminuyen.

El problema se reduce en balancear los costos de servir o dar el servicio y los costos por esperar o costo que incurre un cliente con su permanencia en las instalaciones. En este balance existirá el nivel del servicio apropiado.

En la figura 3.1, se observa que el costo esperado total $E(CT)$, es la suma del costo esperado en el servicio o $E(CS)$ y el costo esperado por esperar o $E(CW)$,

$$\text{Min } E(CT) = E(CW) + E(CS)$$

El costo esperado de servir es proporcional al número de servidores, luego, a más servidores o cajeros, el costo de servir es proporcional. En otras palabras:

$$E(CS) = kC_s$$

Dónde:

k = número de servidores

C_s = costo del servidor en la unidad de tiempo

El costo esperado por esperar desde una óptica lineal es proporcional al tiempo que pasa un cliente en el sistema y al número de llegadas en la unidad de tiempo:

$$E(CW) = C_W \lambda W = C_W L$$

Donde:

C_W = costo de esperar en la unidad de tiempo

λ = tasa de llegadas

W = tiempo esperado en el sistema

L = longitud en el sistema

Desde la relación de Little, se encuentra que la longitud en el sistema es igual:

$$L = \lambda W$$

El modelo de costos, asumiendo el caso lineal del costo esperado de esperar se resume en:

$$\text{Min } E(CT) = kC_S + C_W L$$

En este modelo se busca optimizar el valor del número de servidores, asumiendo que las tasas de llegada y servicio λ y μ respectivamente son fijas.

3.4 ANALISIS DE LOS COSTOS

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en Principales Resultados IV Censo Nacional Económico por Departamento del 2008, en el Perú en el rubro de Total de Personal Ocupado es de 2,756,366 personas (ver Anexo I).

El Total de Remuneraciones (en miles de soles) fue de S/33,760,690, donde se consideran:

1. Sueldos y salarios.
2. Remuneración en especie.
3. Seguridad y previsión social.
4. Otras remuneraciones y diversas cargas.

Estas cifras aparecen en el Anexo II.

De donde se encuentra que el sueldo mensual es:

$$\frac{\frac{S/33760,690,000}{\text{año}}}{2756366 \text{ personas} \times 12 \text{ meses}} = S/1021/\text{mes-persona}$$

Considerando 25 días útiles de trabajo, y cada día de 8 horas, se tiene que el sueldo horario es de S/ 5.1. Este valor es considerado en el presente trabajo, como el costo de oportunidad del tiempo perdido, de un cliente (de cualquier parte del Perú) que llega a la organización bancaria.

Según el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE), en el Informe Anual: Empleo en el Perú y Lima Metropolitana 2009, para la actividad Comercial, el ingreso laboral promedio de un empleo es de S/800 mensual (ver Anexo III). Esta cifra está justificada toda vez que un empleado de atención en ventanilla, tiene entre sus competencias el contar por lo menos con tercer ciclo de una carrera universitaria.

El costo de espera y el costo de servir por hora para la presente investigación corresponde:

$$C_s = \frac{S/4}{hora}, \quad C_w = \frac{5.1}{hora}$$

3.5 CARACTERIZACION DEL SISTEMA DE ESPERA

En el estudio del sistema de espera, se procedió a estudiar los tiempos de llegada de los clientes a la agencia bancaria en el centro comercial MINKA. De la misma manera el tiempo de atención por parte de los empleados que atienden en ventanilla.

Para el estudio de los tiempos de interarribos, se tomó en cuenta el horario de atención, el cual es de 9:00 A.M. hasta las 5:00 P.M., totalizando la cantidad de 8 horas de atención. Los tiempos se presentan en segundos.

En el estudio de tiempos para las llegadas, se realizó una muestra piloto, tal como aparece en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 : Prueba piloto para las llegadas

Muestra	Tiempo
1	60
2	50
3	45
4	65
5	70
6	65
7	70
8	68
9	50
10	52
11	64
12	60
13	66
14	66
15	62
16	48
17	50
18	56
19	68
20	66
Media	60.05
Desv. estan	6.614

Fuente: Elaboración propia

El tamaño de muestra para cada intervalo de arribo, se presenta:

$$n = \left(\frac{S \cdot t_{\alpha/2}}{E} \right)^2$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

$t_{\alpha/2} = 2.145$

S = desviación estandar

E = error

De acuerdo a la fórmula, el tamaño de la muestra es:

$$n = \left(\frac{6.614 \times 2.145}{1} \right)^2 = 201 \text{ muestras}$$

Para la muestra en el turno de 9:00 A.M. a 5:00 P.M., el ajuste de curvas corresponde a una distribución exponencial.

Tabla 3.2 : Prueba piloto para el servicio

Muestra	Tiempo
1	3
2	4
3	2.8
4	2.5
5	3.5
6	3.8
7	2.6
8	2.6
9	3.4
10	2.4
11	2.2
12	2.6
13	2.9
14	2.7
15	3.2
16	3.6
17	2.6
18	3.6
19	2.8
20	3.2
Media	3
Desv. estan	0.410

Para el tiempo en el servicio de los cajeros, se procedió a tomar una muestra piloto de 20, con una media de 3 minutos y desviación estándar de 0.41 (ver tabla 3.2).

De acuerdo a la fórmula, el tamaño de la muestra es:

$$n = \left(\frac{0.41 \times 2.145}{0.1} \right)^2 = 77 \text{ muestras}$$

Como se tienen 3 cajeros, se procedió a tomar $3(77) = 231$ muestras.

Para la muestra en las 8 horas de atención, el ajuste de curvas corresponde a una distribución exponencial, con una media de 3 minutos.

3.6 SOLUCIÓN DEL MODELO

Para la solución al problema de optimización del número de servidores se plantean programas de simulación usando el software SIMIO.

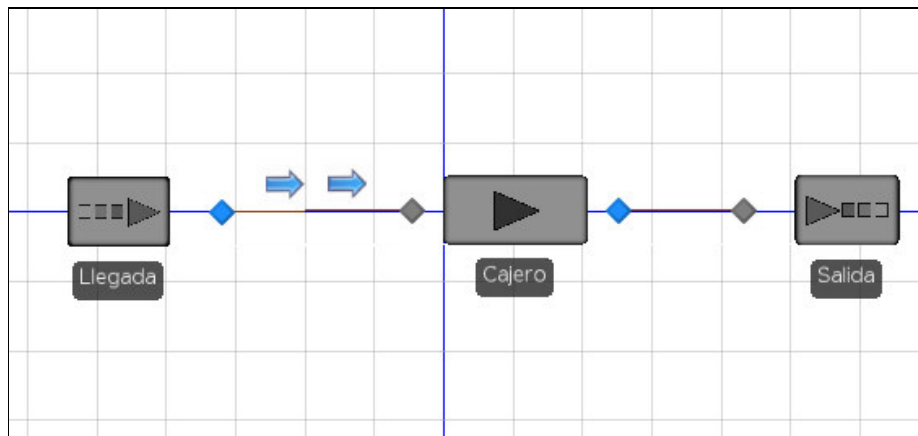
Se tienen que las tasas de arribo y servicio son:

$$\lambda = \frac{1}{E\{\text{tiempo arribo}\}} = \frac{1}{60 \text{ seg}} = \frac{1}{\frac{1}{60} \text{ hora}} = 60 \frac{\text{clientes}}{\text{hora}}$$

$$\mu = \frac{1}{E\{\text{tiempo servicio}\}} = \frac{1}{3 \text{ min}} = \frac{1}{\frac{1}{20} \text{ hora}} = 20 \frac{\text{clientes}}{\text{hora}}$$

Haciendo un experimento en el lenguaje SIMIO, siendo el modelo de objetos de la figura 3.2, se encuentra que la optimización por minimización usando la herramienta OptQuest, se encuentra que el costo mínimo es S/ 37.0864 por hora considerando 5 cajeros. Los otros valores de estaciones se encuentran en la figura 3.3.

Figura 3.2: Modelo SIMIO



Fuente: Elaboracion propia

Figura 3.3: Resultado de OptQuest

Design		Response Results		Pivot Grid		Reports	
Scenario			Replications		Controls	Resp...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Name	Status	Required	Completed	Capacidad	Costo	
▶ <input checked="" type="checkbox"/>	001	Completed	5	5 of 5	6	39.8131	
<input checked="" type="checkbox"/>	002	Completed	5	5 of 5	4	38.8641	
<input checked="" type="checkbox"/>	003	Completed	5	5 of 5	8	47.34	
<input checked="" type="checkbox"/>	004	Completed	5	5 of 5	5	37.0864	
<input checked="" type="checkbox"/>	005	Completed	5	5 of 5	7	43.4393	

Fuente: Elaboracion propia

El valor con la simulación SIMIO de S/ 37.0864 por hora.

3.7 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Se evidencia en la utilización de la simulación, el costo óptimo en un día es:

$$8 \times S / 37.0864 = 296.7$$

Este costo esperado es la suma de los costos esperados de servir más los costos esperados por el tiempo que pasa un cliente en el sistema de espera.

Se observa que para cinco cajeros, el valor es menor comparado con cuatro y seis cajeros.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. La hipótesis (hipótesis general), quedó validada por la obtención de la solución en la meta de elegir el número de cajeros que minimiza el total de los costos de servir más los costos de esperar.
2. La simulación, es una alternativa para la solución de los problemas en fenómenos de espera.
3. La herramienta de la simulación planteada a presente trabajo de investigación, permite obtener resultados prácticos para la optimización en el número de servidores en ventanilla en la organización BCP.
4. La simulación obtiene con facilidad la minimización de los cajeros en el sistema de espera de la organización.
5. La simulación, es una buena alternativa para encontrar soluciones a los problemas de optimización en fenómenos de espera, de una manera muy simple.
6. La simulación, es la nueva forma de resolver los problemas de fenómenos de espera.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Utilizar la herramienta de la simulación para obtener respuestas ante situaciones de la búsqueda del mejor número de servidores.

2. La exactitud en la medición de los tiempos de llegada y de servicio, son muy importante para efectuar una toma de decisiones racional.
3. La metodología planteada en la presente investigación, es generalizable a cualquier situación donde se necesite tomar decisiones en torno a problemas de número de servidores óptimos.
4. La Simulación es una fuente confiable de solución a otros problemas de gestión dentro de cualquier organización.
5. Se recomienda realizar estudios de tiempos, cada vez que existan cambios en la demanda de servicio por parte de los clientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ackoff, Russell L. (1970), *Investigación de Operaciones*, Limusa Wiley, México, segunda edición.
2. Feldman, R, Valdéz-Flores, C. (1996). *Applied Probability e Stochastic Processes*. Bostón, MA: USA, PWS Publishing Company.
3. Hernandez, R., Fernandez, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial Mc Graw-Hill.
4. Hillier, F., Lieberman, G. (2002). *Investigación de Operaciones*. México D.F.: México, McGraw-Hill.
5. INEI (2010). *Cuarto Censo Nacional Económico*. Lima: PERÚ, Edición de bolsillo.
6. Phillips, D., Ravindran, A., Solberg, J. (1976). *Operations Research: Principles and Practice*, John Wiley & Sons, Inc.
7. Raffo Lecca, E. (2012). *Modelación y Simulación con SIMIO*. Lima: Perú.
8. Taha, H. (2012). *Investigación de Operaciones*. México D.F.: México, Pearson Educación de México, Novena edición.

Anexo I: Personal Ocupado

PERÚ: PRINCIPALES RESULTADOS DEL IV CENSO NACIONAL ECONÓMICO	
Principales Variables	Perú
58 Resultado antes de participación e impuesto censal (51+52+53-54-55)	69 187 053
59 Distribución legal de la renta neta	3 861 539
60 Impuesto a la renta	14 871 716
61 Resultado del ejercicio censal (58 - 59 - 60)	50 453 797
Personal Ocupado y Remuneraciones Censales 2007	
Personal Ocupado	
Total de personal ocupado	2 756 366
Asalariado 2/	1 481 190
Trabajadores de servicios por terceros	395 680
No asalariado 3/	879 496
Total de personal ocupado	2 756 366
Pesca y acuicultura	38 537
Explotación de minas y canteras	78 242

Anexo II: Total remuneraciones

PERÚ: PRINCIPALES RESULTADOS DEL IV CENSO NACIONAL ECONÓMICO	
Principales Variables	Perú
Remuneraciones (Miles de Nuevos Soles)	
Total remuneraciones	33 760 690
Sueldos y salarios	32 166 916
Comisiones	964 479
Remuneración en especie	4 932
Seguridad y previsión social	391 132
Otras remuneraciones y diversas cargas	233 231
Total remuneraciones	33 760 690
Pesca y acuicultura	333 516
Explotación de minas y canteras	2 610 057
Industrias manufactureras	9 359 437
Suministro de electricidad	460 163
Suministro de agua, alcantarillado	362 570
Construcción	1 775 655

Anexo III: Empleo según rama de actividad

Cuadro N° 15						
Perú: Características del empleo según rama de actividad económica, 2004 y 2009						
Rama de actividad económica	Ocupados		Ingreso laboral promedio 1/ (Nuevos soles)		Variación del ingreso laboral 2004-2009	Subempleo 2009 2/ (en %)
	2004	2009	2004	2009		
Total absoluto	13 232 818	15 316 130	759	910		
Total relativo	100,0	100,0			19,9	46,2
Extractiva 3/	37,6	33,8	424	545	28,5	55,5
Industria	9,6	10,2	1 040	1 008	-3,1	44,6
Bienes de consumo	7,5	8,0	937	889	-5,1	48,1
Bienes intermedios y de capital	2,1	2,2	1 404	1 433	2,1	31,9
Construcción	3,4	4,5	897	1 121	25,0	29,9
Comercio	17,3	16,4	653	800	22,6	52,9
Al por mayor	1,9	2,3	1 036	1 542	48,8	30,6
Al por menor	15,4	14,1	599	666	11,3	56,6
Servicios	28,3	32,1	1 038	1 199	15,5	34,9
Electricidad, gas y agua	0,2	0,2	2 193	2 184	-0,4	15,3
Transp., almac., y comunic.	5,4	6,7	905	960	6,1	40,6
Servicios a empresas	3,3	3,9	1 273	1 857	45,9	23,7
Comunitarios y sociales	11,0	12,5	1 275	1 433	12,4	23,7
Restaurantes y hoteles	5,2	5,9	697	759	8,9	49,5
Servicios personales	3,1	3,0	547	552	0,9	57,0
Hogares	3,9	3,0	471	589	24,9	56,8

1/ El cálculo de los ingresos excluye a los Trabajadores Familiares No Remunerados (TFNR). Además, los ingresos están expresados en nuevos soles del año 2009.

2/ Calculado en base al total de la PEA Ocupada.

3/ Incluye las actividades de agricultura, ganadería, pesca y minería.

Fuente: INEI - Encuesta Nacional de Hogares sobre Condiciones de Vida y Pobreza, continua 2004 y 2009.

Elaboración: Propia.